



ANALISIS PERBAIKAN DROP TEGANGAN MELALUI PERUBAHAN POLA OPERASI PADA PENYULANG KOTO TINGGA

*Sepannur Bandri¹, *Rafika Andari², & Fithia Ezra Mustika³*

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Indonesia

*rafika.andari09@gmail.com. *Corresponding author*

Abstrak: Analisis Perbaikan Drop Tegangan Melalui Perubahan Pola Operasi pada Penyulang Koto Tingga. Dalam sistem penyaluran tenaga listrik khususnya Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 KV, selalu terjadi drop tegangan, hal ini disebabkan karena lokasi pusat beban mempunyai jarak yang jauh dari lokasi Gardu Induk. Penyulang Koto Tingga merupakan penyulang dengan panjang jaringan terpanjang di PT.PLN (Persero) Rayon Kuranji dengan panjang penyulang 32,15 kms. Kondisi saat ini penyulang Koto Tingga memiliki drop tegangan diatas 6% melebihi batas ketentuan drop tegangan yang diizinkan PT.PLN (Persero) yang diatur pada SPLN 72:1987 yakni sebesar 5%. PT.PLN (Persero) berencana melakukan perubahan pola operasi jaringan dengan memindahkan sebagian beban dari Penyulang Koto Tingga ke Penyulang Siteba. Untuk menganalisa dampak perubahan pola operasi terhadap drop tegangan, maka digunakanlah software ETAP 7.5. Setelah dilakukan perubahan pola operasi jaringan atau pemindahan beban, maka drop tegangan pada Penyulang Koto Tingga turun menjadi 4,54% untuk perhitungan ETAP 7.5 atau 4,6291% untuk perhitungan manual.

Kata kunci: Penyulang, Drop Tegangan, Pola Operasi

Abstract: Analysis of Voltage Drop Improvement Through Changes in Operational Patterns on the Koto Tingga. Electric Power Distribution especially medium voltage distribution network 20 kv, always happened voltage drop, it caused by location of load center so far away from substation. Koto Tingga is a longest feeder in PT PLN (persero) Rayon Kuranji with length 32.15 kms. In this condition, Koto Tingga has voltage drop 6% exceeds limit terms the voltage drop allowed pt pln (persero) which is set on SPLN 72: 1987 which amounted to 5%. PT PLN (persero) was planning to make change system network operations with move a half of Koto Tingga to Siteba. For a review analyzing the impact of the change system of operations the voltage drop, then the software is used etap 7.5. After making changes or removal, voltage drop in Koto Tingga down 4.54% for calculation of etap 7.5 or 4.62% for manual calculation.

KeywordS: Feeder, Voltage Drop, System Operation

History & License of Article Publication:

Received: 15/11/2021 **Revision:** 23/12/2021 **Published:** 28/12/2021

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.v9i2.238>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan hidup, yang digunakan untuk menunjang aktivitas kehidupan sehari-hari. Energi listrik itu sendiri dihasilkan oleh unit-unit pembangkitan. Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Pada saluran distribusi, energi listrik kemudian disalurkan ke konsumen seperti pelanggan rumah tangga, sosial, industri, bisnis pada tingkat tegangan distribusi sekunder yang sebelumnya diturunkan dari tingkat tegangan distribusi primer (Mangera & Hardiantono, 2019). Tenaga listrik yang disalurkan tersebut tidak hanya tegangan menengah dan rendah saja, namun juga tegangan tinggi, ekstra tinggi serta ultra tinggi. Namun yang umum disebut sistem distribusi tegangan menengah (primer) dan tegangan rendah (sekunder) (Bini et al., 2019).

Salah satu studi sistem tenaga listrik adalah studi terhadap tegangan sistem yang merupakan salah satu penentu kualitas sistem tenaga listrik. Tegangan listrik yang lebih (*over voltage*) atau tegangan listrik yang kurang (*under voltage*) atau ketidakstabilan dapat menyebabkan beban mengganggu operasinya, menyebabkan beban tidak berfungsi, merusak beban listrik dan pada akhirnya merugikan pelanggan/konsumen (Suprianto, 2018). Baik buruknya suatu sistem distribusi dapat dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya yaitu, kontinuitas penyaluran, regulasi tegangan, harga sistem dan efisiensi. Oleh karena itu, suatu sistem distribusi harus memiliki regulasi tegangan yang tidak besar, gangguan yang tidak lama dan biaya sistem yang tidak mahal (Kadir, 2008).

Dalam penyaluran tenaga listrik, selalu terjadi drop tegangan, hal ini disebabkan karena lokasi pusat beban mempunyai jarak yang jauh dari lokasi Gardu Induk. Sehingga dalam penyaluran listrik melalui saluran distribusi akan mengalami drop tegangan sepanjang saluran yang dilalui yang menyebabkan berkurangnya pasokan energi listrik yang disalurkan ke lokasi pusat beban dan kualitas energi listrik yang di salurkan ke konsumen menjadi berkurang (Erhaneli, 2011). Tegangan listrik pada jaringan distribusi tegangan rendah yang sampai ke pelanggan seringkali jauh lebih rendah daripada tegangan standar 230/400 Volt (Hamid et al., 2019).

Drop tegangan ini merupakan salah satu masalah yang sering dihadapi oleh PT.PLN (Persero). Jika tegangan drop maka akan berpengaruh pada kualitas pelayanan PT.PLN (Persero) itu sendiri. Hal ini juga dapat terlihat dari banyaknya pengaduan pelanggan baik di *call center* PLN 123 maupun yang datang langsung ke kantor PLN mengenai tidak baiknya kualitas penerangan di rumah mereka dan banyaknya peralatan listrik yang rusak akibat tegangan drop. Drop tegangan pada saluran distribusi memiliki batas ketentuan yang diperbolehkan sesuai dengan SPLN 72:1987 bahwa turun tegangan JTM dibolehkan 5% dari tegangan kerja bagi sistem yang memanfaatkan Sadapan Tanpa Beban (STB) transformator distribusi yaitu sistem radial di atas tanah dan sistem simpul (Watiningsih, 2012).

Studi terkait yang dilakukan oleh (Maulana et al., 2019) menyatakan bahwa pusat pembangkit tenaga listrik yang posisinya berada jauh dari pusat beban, sangat berdampak terhadap tegangan kirim yang bersumber dari pembangkit yang akan diterima oleh Gardu Induk yang terdekat dengan beban. Letak pusat pembangkit dengan pusat beban yang sangat jauh juga mempengaruhi dalam penyaluran tenaga listrik, sehingga beban akan tidak seimbang atau terjadi naik turunnya tegangan dan mengakibatkan *losses* saat menuju beban

atau konsumen. Bila keadaan tersebut dibiarkan akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan dan kualitas energi listrik yang disalurkan.

Perbaikan tegangan dapat dilakukan dengan simulasi kombinasi ketiga metode penggantian Konduktor, pemasangan Kapasitor dan pengaturan Tap Trafo adalah 19,488 kV atau jatuh tegangannya sebesar 2,56% yang artinya nilai tegangan terimanya masih memenuhi standar yang ditetapkan melalui SPLN : 72 Tahun 1987 yaitu sebesar 5% untuk JTM dengan konfigurasi radial (Santoso, 2017).

Di PT. PLN (Persero) Area Padang sendiri, terdapat banyak penyulang yang memiliki panjang jaringan Tegangan Menengah diatas rata-rata panjang penyulang lainnya salah satunya adalah penyulang Koto Tinggi yang ada di PT.PLN (Persero) Rayon Kuranji. Penyulang ini merupakan penyulang dengan panjang terbesar dan beban trafo terbanyak di Rayon Kuranji.

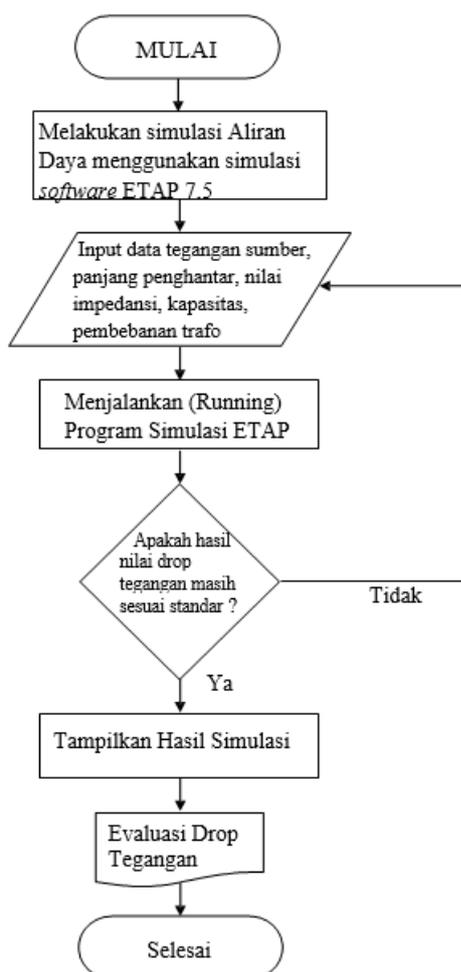
Salah satu solusi mengurangi nilai drop tegangan adalah melakukan perubahan pola operasi jaringan Distribusi Primer Penyulang Koto Tinggi. Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk mengetahui apakah drop tegangan pada jaringan distribusi primer Penyulang Koto Tinggi yang disuplai dari Gardu Induk Pauh Limo ini masih sesuai dengan batas ketentuan SPLN 72:1987, dan juga untuk memberi solusi kepada PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji yakni perubahan pola operasi sebagian beban pada penyulang Koto Tinggi ke penyulang lain yang terdekat yaitu penyulang Siteba jika tegangan dropnya tidak sesuai dengan batas ketentuan SPLN.

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk menghitung drop tegangan yang terjadi di Penyulang Koto Tinggi PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji dan mengemukakan solusi agar tidak terjadi lagi drop tegangan pada Jaringan Distribusi Primer 20 KV Penyulang Koto Tinggi yang disuplai dari GI Pauh Limo. Data yang dibutuhkan merupakan data yang diambil dari informasi pihak PT. PLN (Persero) Rayon Kuranji serta pengamatan langsung ke lapangan. Data yang dimaksud, yaitu:

1. Single line diagram Penyulang Koto Tinggi
2. Data panjang dan jenis saluran Penyulang Koto Tinggi
3. Data kapasitas dan beban trafo di Penyulang Koto Tinggi
4. Serta data lain yang dianggap perlu seperti data resistansi dan reaktansi saluran

Adapun tahapan perhitungan dan analisis data penelitian ini disajikan pada diagram seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada analisis data dilakukan simulasi menggunakan program ETAP 7.5. ETAP merupakan suatu program komputer terintegrasi yang didesain untuk menyelesaikan permasalahan *analysis transient, short circuits, harmonic, motor acceleration, optimal power flow, underground reaway systems* pada sistem tenaga listrik. Program ini menggunakan secara teknis model yang sebenarnya, menggunakan peralatan penghubung yang mudah dioperasikan, dan menggunakan data base umum (Hadisantoso, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem distribusi primer PT.PLN (Persero) Rayon Kuranji menggunakan tegangan menengah 20 KV dengan konfigurasi jaringan distribusi pola radial, dan konstruksi saluran yang digunakan melalui Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). Jaringannya disuplai oleh 3 buah Gardu Induk dan 1 buah Gardu Hubung yakni Gardu Induk Pauh Limo, Gardu Induk PIP, Gardu Induk Simpang Haru, dan Gardu Hubung TRB. Khusus untuk Penyulang Koto Tingga disuplai dari GI Pauh Limo dengan trafo daya berkapasitas 60 MVA/ 150-20 kV. Penyulang Koto Tingga ini adalah Jaringan Tegangan Menengah yang menyuplai energi listrik ke daerah By Pass Kayu Gadang hingga By Pass Lapau Banjuang, Perumahan Bariang Indah Dalam, Kalumbuk, sebagian daerah Sungai Sapih hingga Siteba, dan sebagian daerah Balai Baru.

Analisis Perbaikan Drop Tegangan Melalui Perubahan Pola Operasi Pada Penyulang Koto Tingga (**Bandri**)
<https://stitek-binataruna.e-journal.id/radial/index>

Rincian data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Gardu Induk : Aliran daya listrik disuplai dari Gardu Induk Pauh Limo
2. Jumlah Gardu Distribusi : 62 buah gardu yang terdiri dari 1 buah gardu beton, 49 gardu portal dan 12 buah gardu cantol
3. Jumlah PTS : 3 buah
4. Jumlah LBS : 2 buah
5. Panjang Penyulang :
 - a. Kabel tanah keluar GI ke tiang awal = 0,01 km
 - b. Dari Tiang awal ke Komplek Bariang = 4,9 km
 - c. Dari by pass kayu gadang ke polsek kurangi = 1,15 km
 - d. Dari kampung lalang ke LBS kp.kalawi = 0,8 km
 - e. Dari LBS kp.kalawi ke PTS Taratak Paneh = 1,7 km
 - f. Dari Sp. 3 kalumbuk .ke Permata Sr.Gadang = 3,8 km
 - g. Dari Kpk. Kalumbuk ke By Pass SPBU Pilakut = 2,9 km
 - h. Dari By Balai Baru ke Komp.Bumi Minang = 3,35 km
 - i. Dari Balai Baru ke JL. Jamal Jamil Siteba = 4,45 km
 - j. Dari Balai Baru ke STO Telkom Kurangi= 2,35 km
 - k. Dari Sawah Laiang ke Andalas Berlian Motor = 1,05 km
 - l. Dari Jl. Sawah Laiang ke Komp.Taruko 3 = 2,19 km
 - m. Dari Lapau Manggis ke PTS Lapau Banjung = 0,55 km

Total panjang penyulang = 32,15 km
6. Kapasitas Trafo : (50, 100, 160, 200, 400) kVA
7. Jenis Penghantar : (NFA2XSEFGBY 240, AAAC 240, AAAC 150, AAAC 70, AAAC 50) mm²

Perhitungan Drop Tegangan dan Analisa Hasil Perhitungan Sebelum Pemecahan Beban

Simulasi Perhitungan Drop Tegangan Menggunakan ETAP 7.5

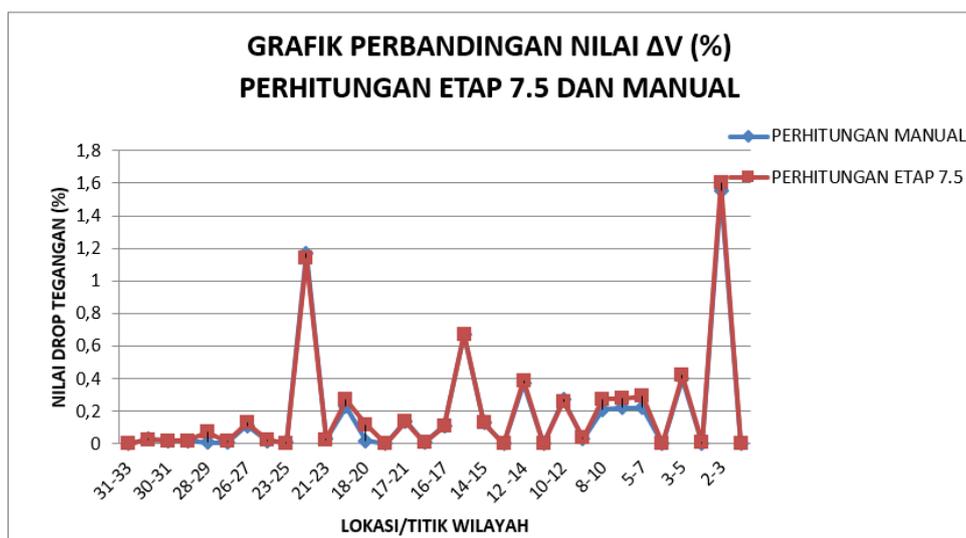
Gambar 1. merupakan gambar sederhana dari penyulang Koto Tinggi berdasarkan gambar single line Koto Tinggi.

Analisis Kondisi Penyulang Koto Tinggi Sebelum Pemecahan Beban

Dari perhitungan yang telah dilakukan baik berdasarkan perhitungan program ETAP 7.5 maupun perhitungan manual, didapatkan hasil seperti pada Tabel 1. dan Gambar 4.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Drop Tegangan Menggunakan ETAP 7.5 dan Manual Sebelum Pemecahan Beban

No.	Lokasi/Titik	Hasil Hitung ΔV (%)		Hasil Hitung ΔV (Volt)	
		ETAP 7.5	Manual	ETAP 7.5	Manual
1.	31-33	0,00	0,0012	0	0,244
2.	31-32	0,03	0,026	6	5,183
3.	30-31	0,02	0,0184	4	3,68
4.	28-30	0,02	0,0206	4	4,127
5.	28-29	0,01	0,073	2	1,45
6.	26-28	0,01	0,0151	2	3,026
7.	26-27	0,11	0,129	22	25,833
8.	25-26	0,02	0,0244	4	4,879
9.	23-25	0,01	0,00069	2	1,391
10.	23-24	1,17	1,14	234	228,80
11.	21-23	0,03	0,0278	6	5,556
12.	21-22	0,23	0,271	46	54,181
13.	18-20	0,02	0,117	22	23,38
14.	18-19	0,00	0,00025	0	0,0507
15.	17-21	0,14	0,135	28	27,035
16.	17-18	0,01	0,00778	2	1,556
17.	16-17	0,11	0,1063	22	21,25
18.	14-16	0,67	0,6741	134	134,82
19.	14-15	0,13	0,128	26	25,561
20.	13-14	0,00	0,00207	0	0,414
21.	12-14	0,37	0,389	74	77,725
22.	11-12	0,00	0,0004	0	0,0704
23.	10-12	0,27	0,261	54	52,20
24.	9-10	0,03	0,0361	6	7,21
25.	8-10	0,21	0,274	42	54,835
26.	7-8	0,22	0,28	44	56,097
27.	5-7	0,22	0,293	44	58,532
28.	5-6	0,00	0,0003	0	0,00587
29.	3-5	0,4	0,422	80	84,35
30.	3-4	0,00	0,0068	0	1,35
31.	2-3	1,55	1,6	310	319,785
32.	1-2	0,00	0,0034	0	0,668
Jumlah		6,01	6,415	1220	1285,24



Gambar 3. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai ΔV (%) Perhitungan ETAP 7.5 dan Perhitungan Manual Sebelum Pemecahan Beban

Dari hasil perhitungan pada Tabel 1. dan grafik hasil perhitungan pada Gambar 3. terlihat bahwa pada panjang saluran terbesar yang letaknya jauh dari sumber listrik terdapat pada titik 23-24 atau bus 24 di wilayah jaringan dari balai baru hingga Jl. Jamal Jamil Siteba yakni sebesar 7,3 km dan menyebabkan drop tegangan terbesar juga terjadi pada titik ini yakni sebesar 234 Volt atau 1,17% berdasarkan perhitungan ETAP 7.5 atau sebesar 229,628 V atau 1,148% berdasarkan perhitungan manual. Hal ini berarti bahwa panjang jaringan sangat berpengaruh pada besarnya drop tegangan.

Selain panjang jaringan, jenis kabel yang digunakan pun dapat mempengaruhi besarnya drop tegangan, dapat dilihat pada data perhitungan, dengan panjang 7,3 km dan beban yang cukup besar yakni 1078,83 kVA menggunakan kabel jenis AAAC dengan luas penampang 70mm^2 . Dari hasil ini terlihat pula bahwa penyulang Koto Tingga mengalami total drop tegangan sebesar 1220 V atau 6,01% berdasarkan perhitungan ETAP 7.5 atau 1332 V atau 6,66% berdasarkan perhitungan manual. Ini artinya nilai drop tegangan sudah melebihi batas yang diatur dalam SPLN 72:1987 yakni 5% dari tegangan nominalnya.

Untuk mengatasi drop tegangan yang terjadi pada penyulang Koto Tingga ini, pihak PT.PLN dapat melakukan beberapa cara, seperti menaikkan tap trafo, mengganti jenis penghantar, dan melakukan manuver jaringan atau perubahan pola operasi. Pada penyulang Koto Tingga ini dikarenakan penyulangnya sudah terlalu panjang dan juga untuk efisiensi waktu dan dana dari PT.PLN (Persero), penulis menyarankan untuk melakukan opsi yang ketiga. Dilihat dari lokasi/titik wilayah yang mengalami drop tegangan paling tinggi yakni di titik 23-24, maka titik ini sebaiknya dimanuver ke penyulang terdekat yakni Penyulang Siteba.

$$Z = 0,4608 + j 0,3572 \text{ ohm/km} \quad S(31-33)=1847,18 \text{ kVA} \quad \cos \theta = 0,85$$

$$R = 0,4608 \text{ ohm/km} \quad V_s = 20 \text{ kV}$$

$$X = 0,3572 \text{ ohm/km} \quad L = 10,64 \text{ km}$$

Arus saluran dapat ditentukan,

$$S = \sqrt{3} V_{L-L} \cdot I, \text{ sehingga}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{L-L}} = \frac{1847,18 \text{ kVA}}{20 \text{ kV} \cdot \sqrt{3}} = 53,32 \text{ Ampere}$$

Parameter saluran dapat ditentukan

$$R = 0,4608 \text{ ohm/km} \times L = 0,4608 \text{ ohm/km} \times 10,64 \text{ km} = 4,9029 \text{ ohm}$$

$$X = 0,3572 \text{ ohm/km} \times L = 0,3572 \text{ ohm/km} \times 10,64 \text{ km} = 3,801 \text{ ohm}$$

$$Z_L = 4,9029 + j 3,801 = 6,203 \angle 37,784^\circ$$

Rugi tegangan pada saluran dapat ditentukan dari persamaan (2.11)

$$\Delta V(3\Phi) = \sqrt{3} \cdot I_s \times Z_L$$

$$\Delta V(3\Phi) = \sqrt{3} \cdot 53,32 (6,203 \angle 37,784^\circ)$$

$$= 572,8 \angle 37,784^\circ \text{ Volt}$$

Maka persentase drop tegangan,

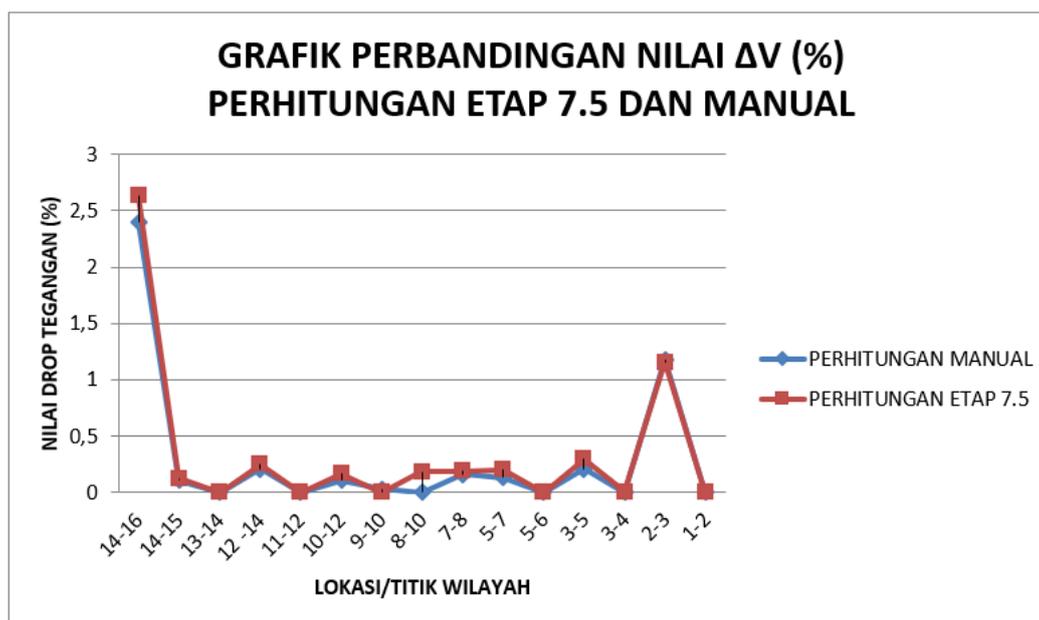
$$\% V \text{ Rugi} = \frac{572,8 \text{ V}}{20.000 \text{ V}} \times 100 \% = 2,3 \%$$

Analisis Kondisi Penyulang Koto Tingga Setelah Dilakukan Pemecahan Beban

Dari perhitungan yang telah dilakukan baik berdasarkan perhitungan program ETAP 7.5 maupun perhitungan manual setelah pemecahan beban, didapatkan hasil seperti yang tertera pada Tabel 2. dan grafik pada Gambar 5.

Tabel 2. Hasil Perhitungan drop tegangan menggunakan ETAP 7.5 dan Manual Setelah Pemecahan Beban

No.	Lokasi/Titik	Hasil Hitung ΔV (%)		Hasil Hitung ΔV (VOLT)	
		ETAP 7.5	Manual	ETAP 7.5	Manual
1.	14-16	2,4	2,634	480	526,86
2.	14-15	0,11	0,128	22	25,561
3.	13-14	0,0	0,00207	0	0,414
4.	12-14	0,21	0,251	42	50,171
5.	11-12	0,0	0,0004	0	0,0704
6.	10-12	0,11	0,169	22	33,923
7.	9-10	0,03	0,0036	6	7,210
8.	8-10	0,0	0,186	0	81,99
9.	7-8	0,16	0,192	32	38,463
10.	5-7	0,13	0,204	26	40,785
11.	5-6	0,0	0,0003	0	0,0587
12.	3-5	0,21	0,299	42	59,986
13.	3-4	0,0	0,0068	0	1,35
14.	2-3	1,18	1,16	236	232,117
15.	1-2	0,00	0,00242	0	0,485
JUMLAH		4,54	4,74	908	931,4



Gambar 5. Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai ΔV (%) Perhitungan ETAP 7.5 dan Perhitungan Manual Setelah Pemecahan Beban

Dari hasil pada Tabel 2. dan Gambar 5. grafik hasil perhitungan setelah pemecahan beban, terlihat bahwa nilai drop tegangan Penyulang Koto Tinggi turun dari 6,01% atau 1220 V menjadi 4,54% atau 908 V berdasarkan perhitungan ETAP 7.5 atau dari 6,415% atau 1285,24 V berdasarkan perhitungan manual menjadi 4,74% atau 931,4 V. Sehingga tegangan ujung penyulang menjadi 19120 V berdasarkan ETAP atau 19086 V berdasarkan perhitungan manual. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh dari perubahan pola operasi jaringan atau pemecahan beban ini cukup signifikan terhadap penurunan nilai drop tegangan karena berkurangnya panjang jaringan serta berkurangnya beban pada penyulang Koto Tinggi. Dengan demikian nilai drop tegangan pada penyulang Koto Tinggi sudah sesuai dengan batas ketentuan drop tegangan yang diatur dalam SPLN 72:1987. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini juga selaras dengan penelitian terkait oleh Hadisantoso (2016) yang memperoleh rata-rata drop tegangan untuk 19 penyulang GI Bandung Selatan adalah 0,59 kV (2,95 %) dengan tegangan operasi 20 kV.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan melalui perhitungan drop tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV pada Penyulang Koto Tinggi di PT.PLN (Persero) Rayon Kuranji dapat disimpulkan bahwa berdasarkan perhitungan ETAP 7.5 dan perhitungan manual drop tegangan yang terjadi pada kondisi saat ini sebesar 6,01% untuk perhitungan ETAP 7.5 atau 6,66% untuk perhitungan manual. Dimana nilai ini sudah melebihi batas ketentuan drop tegangan yang diizinkan PT.PLN (Persero) sebesar 5%. Dengan demikian, jika dilakukan perubahan pola operasi atau pemindahan beban, maka drop tegangan turun hampir 2% menjadi 4,54% untuk perhitungan ETAP 7.5 atau 4,6291% untuk perhitungan manual dan sesuai dengan batas ketentuan drop tegangan yang diizinkan

PT.PLN (Persero) dalam SPLN 72:1987. Dari pembagian wilayah/titik perhitungan pada penyulang Koto Tinggi, titik yang paling tinggi drop tegangannya yang berada pada ujung penyulang di titik 23-24 di wilayah jaringan dari balai baru hingga Jl. Jamal Jamil Siteba yakni sebesar 1,17% untuk perhitungan ETAP 7.5 atau 1,148% untuk perhitungan manual. Wilayah titik ini letaknya paling jauh dari Gardu Induk sehingga drop tegangannya semakin besar. Namun setelah dilakukan pemindahan beban, tidak ada lagi drop tegangan di ujung penyulang yang ada hanya di pangkal penyulang yaitu di titik 2-3 yakni dari tiang awal Gardu Induk hingga ke by pass kompleks bariang. Penghantar pada penyulang ini sudah menanggung beban besar (jumlah dari beban-beban setelahnya), sehingga jika dihitung drop tegangannya juga menjadi besar.

Dari hasil pembahasan dan kesimpulan yang telah dilakukan, peneliti menyarankan untuk jaringan distribusi tegangan menengah 20 KV pada penyulang Koto Tinggi sebaiknya dievaluasi kembali dikarenakan drop tegangan sudah melebihi batas standar yang ditentukan oleh PT. PLN sendiri. Jika sudah terjadi drop tegangan pada jaringan tegangan menengah tentu akan mempengaruhi kualitas tegangan pada sisi tegangan rendah dan akan berpengaruh terhadap kualitas pelayanan PLN ke masyarakat. Pihak PT. PLN dapat melakukan beberapa cara untuk mengurangi drop tegangan, seperti menaikkan tap trafo, mengganti jenis penghantar, dan melakukan manuver jaringan atau perubahan pola operasi. Pada penyulang Koto Tinggi ini dikarenakan penyulangnya sudah terlalu panjang, penulis menyarankan untuk melakukan opsi yang ketiga seperti yang telah dihitung pada penelitian ini. Selain itu juga bisa efisiensi waktu dan dana dikarenakan kegiatan pemindahan beban tidak selama melakukan penggantian penghantar dan tidak semahal biaya penggantian penghantar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bini, T., Maajidah, A. N., & Putra, A. (2019). Analisis Jatuh Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah PT. PLN (Persero) Rayon Takalar. *Elektro Politeknik Negeri Ujung Padang*, 1–16.
- Erhaneli. (2011). *Distribusi Tenaga Listrik*. Institut Teknologi Padang : Padang.
- Hadisantoso, F. S. (2016). Analisa Penurunan Tegangan (Voltage Drop) dan Rugi-rugi (Losses) Penyulang Menggunakan ETAP di Gardu Induk Bandung Selatan. *Elektra*, 1(2), 42–53.
- Hamid, A., Sukoco, B., & Nugroho, A. A. (2019). *Analisa Drop Tegangan Sambungan Rumah Pada Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR) Transformator 1 Fasa Di PT. PLN (Persero) UPJ Juwana*. 15, 494–502.
- Kadir, A. (2000). *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: UI Press.
- Mangera, P., & Hardiantono, D. (2019). Analisis Rugi Tegangan Jaringan Distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Cabang Merauke. *Musamus Journal of Electro and Mechanical Engineering (MJEME)*, 1(2), 61–69. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.3516283>.
- Maulana, T. A. A., Lubis, R. S., Sara, D., Teknik, J., Teknik, F., & Kuala, U. S. (2019). Analisis Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi Primer 20 kV Pada Penyulang Ulee Analisis Perbaikan Drop Tegangan Melalui Perubahan Pola Operasi Pada Penyulang Koto Tinggi (**Bandri**) <https://stitek-binataruna.e-journal.id/radial/index>

- Kareng PT . PLN (Persero) Banda Aceh. *Seminar Nasional Dan Expo Teknik Elektro*, 82–89.
- Santoso, B., Gifson, A., & Pratama, D. (2018). Perbaikan Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Penyulang Tomat Gardu Induk Mariana Sumatera Selatan. *Energi & Kelistrikan*, 9(1), 34–40. <https://doi.org/10.33322/energi.v9i1.57>.
- Suprianto. (2018). Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT. PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu. *Journal of Electrical Technology*, 3(2), 64–72.
- Watiningsih, Tri, *Sistem Jaringan Distribusi Tegangan Menengah*. (2012). Website: <http://ejournal.unwiku.ac.id/index.php/jte/article/download/172/46>.